

BEST AVAILABLE COPY

C397

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-285323

(43)Date of publication of application : 12.10.2001

(51)Int.Cl.

H04L 12/42

H04B 10/02

H04J 14/00

H04J 14/02

H04B 10/20

H04L 12/44

(21)Application number : 2000-100361

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 03.04.2000

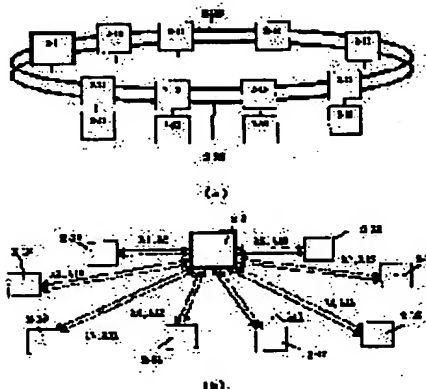
(72)Inventor : SAKANO SHINJI  
SAWADA YASUSHI  
TSUSHIMA HIDEAKI  
IKOMA YOSHIAKI

## (54) OPTICAL NETWORK

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical network such as medium scale IP system network and the like in order to ensure the capability of extension in low cost while holding high reliability.

SOLUTION: As an example of physical constitution, a main node 2-1 and eight sub-nodes 2-11-2-18 at the most are connected to one OADM ring 2-21 or 2-22. In logical connection, a star constitution originated in the main node 2-1 is formed and all traffics are connected via the main node 2-1. The sub-nodes 2-11-2-18 are connected to the main node 2-1 in the wavelength unit optical channels (=optical paths)  $\lambda_1$ - $\lambda_8$  (refer to the solid lines). And then as indicated by the broken lines, the optical channels can be extended according to necessity. For example, although the main node 2-1 and the sub-node 2-5 are connected in  $\lambda_5$  at the start,  $\lambda_{13}$  can be extended according to necessity. Cost reduction is possible because of being able to use dielectric interference film filters and fiber Bragg reflectors which can extract only specific wavelength optical channels and are low in price, by means of restricting the branch insertion optical channels to about two channels in the sub-node of the logical star. The reliability coping with troubles in fiber transmission paths can be ensured in low cost by using optical switches providing for troubles.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.11.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-285323

(P2001-285323A)

(43) 公開日 平成13年10月12日 (2001. 10. 12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマート* (参考)
H 0 4 L 12/42		H 0 4 L 11/00	3 3 0 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	H 5 K 0 3 1
H 0 4 J 14/00			E 5 K 0 3 3
14/02			N
H 0 4 B 10/20		H 0 4 L 11/00	3 4 0
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 29 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2000-100361(P2000-100361)

(22) 出願日 平成12年4月3日 (2000. 4. 3)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 坂野 伸治

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216 株式会

社日立製作所通信事業部内

(72) 発明者 沢田 安史

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216 株式会

社日立製作所通信事業部内

(74) 代理人 100107010

弁理士 橋爪 健

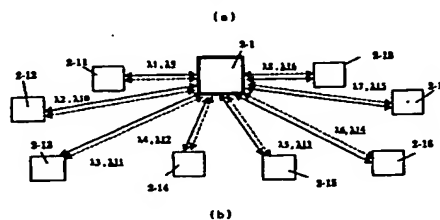
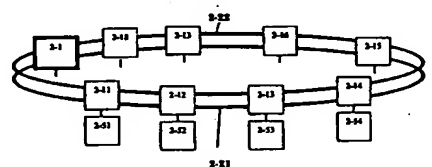
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 光ネットワーク

## (57) 【要約】

【課題】 中規模 I P 系ネットワーク等の光ネットワークを適度な信頼性を保ちながら低コストで拡張性を持たせるように構成する。

【解決手段】 物理的な構成例では、1個のOADMリング2-21、2-22に主ノード2-1と最大8個のサブノード2-11～2-18が接続される。論理的な接続では、主ノード2-1を起点とするスター構成をとり、全てのトラフィックは主ノード2-1経由である。各サブノード2-11～2-18は主ノード2-1と波長単位の光チャネル (= 光パス)  $\lambda 1 \sim \lambda 8$  で接続される (実線参照)。また、破線で示すように、必要に応じて光チャネルを増設できる。例えば、当初は主ノード2-1とサブノード2-5は $\lambda 5$ で接続されているが、必要に応じて $\lambda 13$ を増設できる。論理スターのサブノードでの分岐挿入光チャネルを2チャネル程度に限定することで、特定の波長の光チャネルのみが抽出できる価格の低い誘電体干渉膜フィルタやファイバブラッグ反射器が使えるのでコストの低減ができる。障害時に光スイッチを用いることでファイバ伝送路の障害に対応できる信頼性を低コストに確保できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】主ノードとサブノードを有し、物理構成として光ファイバリング構成とした光ネットワークにおいて、

前記主ノード又は前記サブノードは、

第 1 方向の信号について、各波長の光信号を多重する波長多重部と、

バンド光の挿入部と、監視制御用の光信号挿入部とを有する光挿入部第 2 方向の信号が入力され、波長多重光信号を各波長へ分離する波長分離部と、

第 1 方向の光信号が入力されて波長多重信号中の一つのチャンネルに相当する波長に波長変換し、一方、第 2 方向に出力するために受信した波長多重信号中の一つのチャンネルに相当する波長の光信号を別の受信装置で規定された波長に波長変換する波長変換部と、

第 1 方向について前記波長変換部からの光信号を分岐して前記波長多重部に出力し、第 2 方向について前記波長分離部からの光信号を選択し前記波長変換部へ出力するとともに、前記波長分離部からの信号の障害を検出する検出部を有する光スイッチ部とを備え、波長毎の信号をノード間の信号の結合単位とした論理構成としてスター構成を採用して各トラフィックが主ノードを経由するようにした光ネットワーク。

【請求項 2】主ノードとサブノードを有し、物理構成として光ファイバリング構成とした光ネットワークにおいて、

前記サブノードは、

入力された波長多重された光信号に対して、少なくとも 1 つの波長に対して、波長多重された光信号の中から特定の 1 チャンネルに相当する波長を分離し、入力されたある特定の 1 チャンネルに相当する波長の光信号を挿入し

て、波長多重された光信号を出力する挿入分離部と、バンド光の挿入部と、監視制御用の光信号挿入部とを有する光挿入部の分離部を有し、波長多重信号を前記挿入分離部に出力する光分離部第 1 方向の光信号が入力されて波長多重信号中の一つのチャンネルに相当する波長に波長変換し、一方、第 2 方向に出力するために受信した波長多重信号中の一つのチャンネルに相当する波長の光信号を別の受信装置で規定された波長に波長変換する波長変換部と、

第 1 方向について前記波長変換部からの光信号を分岐して前記挿入分離部に出力し、第 2 方向について前記挿入分離部からの光信号を選択し前記波長変換部へ出力するとともに、前記波長分離部からの信号の障害を検出する検出部を有する光スイッチ部とを備え、波長毎の信号をノード間の信号の結合単位とした論理構成としてスター構成を採用して各トラフィックが主ノードを経由するようにした光ネットワーク。

【請求項 3】前記挿入分離部を複数設け、

第 1 の挿入分離部からの波長多重合波出力を第 2 の挿入

分離部の波長多重合波入力に出力し、第 3 の挿入分離部の波長多重合波入力に第 2 挿入分離部から波長多重合波出力を入力するように、複数の前記挿入分離部間を接続することにより、複数のチャンネルの光信号の挿入分離を行うようにした請求項 2 に記載の光ネットワーク。

【請求項 4】前記光スイッチ部は、

第 2 方向へ出力するための信号を分離するドロップルート又は信号を折り返すスルールート of the いくつかを選択する光スイッチをさらに備えた請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の光ネットワーク。

【請求項 5】前記光スイッチ部は、

第 2 方向へ出力するための信号を、分離するドロップルートと折り返すスルールートとに分岐する光カプラをさらに備えた請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の光ネットワーク。

【請求項 6】前記光挿入部、前記光分離部又は前記光スイッチのいずれか又は複数は、光増幅器をさらに備えたこと特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の光ネットワーク。

【請求項 7】2 ファイバ伝送路のリング構成で光チャネル接続では主ノードとサブノード間の論理スターの構成し、主ノードと特定のサブノード間の時計回りと反時計回りの経路の 1 つの波長の信号に対して、経路に対応して、2 つの独立したルータ出力をから、同じ波長光信号に変換する 2 つの波長変換部を有し、それぞれの信号を 2 つの光ファイバの時計回りと反時計回り他の波長信号と多重化して送出し、受信側のサブノードもしくは主ノードにおいては時計回りと反時計回りの 2 つの光ファイバ伝送路からの多重化され光信号から分離した独立した信号光を受ける波長変換部と、それぞれに光信号を受ける独立したルータを有し、正常時には同じノード間に接続された 2 つのルータ間でスルーポートが最大になるようにフローを調整する機能を有し、一方の光ファイバ経路で障害を生じた場合には光受信部での信号断を検出機能を有し、その場合には 2 つのルータ間で正常動作の経路へ信号を重畳しする機能を有する救済型のルータを含むネットワーク。

【請求項 8】少なくとも一部の光ファイバ伝送路に波長分散が 0 になる波長が 1552nm 近傍にある光ファイバ (分散シフトファイバ) を有する 2 ファイバ伝送路のリング構成で、1530nm-1560nm の波長域 (C-band) において 200 GHz 間隔の 2 つ以上の波長の光信号を多重化して伝送する系において、分散シフトファイバへの光入力光を光チャネル当り -10dBm 以下に抑え、光の変調速度を 2.48Gbit/s 以下に抑えた、ノード間スパン損失が 12dB (相当ノード間隔が 40km) 以下の光ネットワーク。

【請求項 9】請求項 1 又は 4 乃至 7 のいずれかに記載の光ネットワークの主ノードと、請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の光ネットワークのサブノードと備えた光ネットワーク。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ネットワークに係り、特に、インターネットプロトコル（IP）を使用したトラフィックの伝送に適した低コストで汎用性に富む光ネットワークに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の光伝送ネットワークの技術は電話回線のような音声信号を送ることに主眼が置かれていた。電話回線のような通信では、エンドユーザとエンドユーザ間の通信経路を通話中に完全に確保するギャランティ型の方式がとられていた。このギャランティ型の方式では通信帯域を特定のエンドユーザ間で確保し、さらに使用中は信号を送る送らないに関わらず帯域を確保して、接続性を保証するため障害時にも即座に復旧するための冗長系を確保する高信頼で高価な光ネットワークを構成する必要があった。電話回線を使った通信の容量が着実に拡大し、高速・大容量化が進められた。

【0003】近年、ギャランティ型の電話回線を中心した方式に代わりインターネットプロトコル（IP）を使用したデータ通信が爆発的に普及してきた。このインターネットプロトコルではルータと呼ばれる信号経路振り分け装置によりパケットと呼ばれるデータのひとまとまりの信号が来たときのみその塊を空いた経路に振り分け送信する。このようにエンドユーザとエンドユーザ間の通信経路が必ずしも確定しない方式をコネクションレス型の方式と呼んでいる。コネクションレス型では複数のエンドユーザが1つの信号帯を共有できるのでコストを低減できるという特徴がある。さらに、1つ経路に障害が発生したときにしばらくのルータ間フローの調整時間経過後、ルータ間で調整して他の経路を宛てることのできるため障害時の救済性も持っているという特徴を有する。

【0004】インターネットプロトコル（IP）を使用したデータ通信系ではマルチメディアに対応することができるため、パーソナルコンピュータの文字や数値データからさらに音声、画像、映像のデータ通信の要求への高まりから伝送容量の拡大が急遽必要となる可能性がある。このため、設備増設が柔軟に拡張できる必要がある。また、データ通信のエリアの拡大が進んでおり、長距離のエンドユーザ間を接続する要求は高まる一方で光伝送を利用した100Mbit/sから1Gbit/sの大容量の数十kmから数百kmの伝送技術の要求がでてきている。しかしながら、従来からの光伝送方式は電話回線を中心としたギャランティ型の大容量、高信頼、高品質に重点をおいた技術が主流であり、コストの低減や、柔軟な需要への対応性が技術的に難しいところがあった。

【0005】従来から、大規模な光ネットワークとして、リング構成、バス構成、スター構成等がある。光ネットワークでは、一般に、データを高速、大容量、高信頼、高品質で伝送することが、システムに要求される。

そのため、光ネットワークのシステム設計において、高速・大容量の条件を満たすために、例えば、負荷分散や機能分散等の構成が採用される。また、高信頼・高品質の条件を満たすために、例えば、二重化や現用予備等の冗長構成、QoSに関する処理部、伝送制御プロトコル等の構成が採用される。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、従来の電話回線系光ネットワークでは、極めて高速・大容量及び高信頼・高品質の信号伝送を実現することが念頭に置かれているため、高価格で汎用性のあまりないシステムとなりがちであった。一方、近年のインターネット（インターネットプロトコル、IP）の発展により、伝送速度・容量及び信頼性・品質について、従来の音声回線ほど厳しい条件が必要とならないような通信形態で行われている。そして、例えばIP系における実用的な光ネットワークとして、都市サイズ（～200km）程度の中規模な地域網において、インターネットプロトコルの特徴を利用したデータ系通信ならではの構成で光ネットワークを低コストで、障害時の異常な輻輳による通信の混乱を避けるために適した程度の高信頼な構成をすることが望まれている。また、電話回線では音声回線を基準としていたため所帯数や事務所数から必要な回線数の予測が立ったが、データ系では単なる文字や数値データから果ては高品質映像まで幅広い伝送容量に低コストで応えるため、幅広い拡張性を持たせることが必要となる。初期投資を押さえ、増設を可能として拡張性を持たせ、高いキャッシュフローを提供する光ネットワークが期待される。

【0007】本発明は、以上の点に鑑み、中規模IP系ネットワーク等の光ネットワークを低コストで構成することを目的とする。また、本発明は、初期投資を押さえ、増設を可能として拡張性を持たせ、高いキャッシュフローを実現する光ネットワークを提供することを目的とする。

【0008】本発明では光ネットワークの限られたリソースを有効に利用し、全体のコストを下げることを目的とする。光伝送の距離が40kmを越えると光ファイバ増幅器によるような光信号の再生中継が必要になる。近年の光増幅器としてはエルビウム(Erbium)をシリカ系の光ファイバに添加したEDFA(Erbium Doped Fiber Amplifier)が普及している。その光増幅の波長帯域は1530nm-1560nmのC-band帯が容易な構成で増幅器が構成でき、1570nm-1610nmのいわゆるL-band帯が技術的には可能で構成が難しい構成となる。その波長域でえられる1つの光ネットワークの構成では波長を分離するための間隔が波長ロッカーと呼ばれる高精度な部品、これは高価な部品であるが、を使用しない範囲では200GHz程度の間隔であり、C-bandあるいはL-bandの波長数は2の累乗というならば夫々のbandでせいぜい16波長となる。その限られたリソー

スを有効利用する手立てが必要となる。

【0009】本発明は、伝送路の種類、使用される波長帯域等に依存せず、構成部品を共通化した光ネットワークを提供することを目的とする。光ファイバ伝送路に分散シフト光ファイバを用いると波長分散が0となる波長が1552nm近傍に来るため、通常のITU-Tに規定されているような40km以上の光伝送路のレベルでは光部品のコストが廉価となるC-bandの帯域の等間隔な波長配置を行うと4波長混合とよばれる2波長の干渉モードが他の等間隔に配置された信号に重畳するため、光伝送特性を劣化させる現象がある。分散シフト光ファイバでの波長多重伝送を低コストなC-bandの光部品をいかに利用するかが課題となる。すでに、この現象による影響を取り除く方法として不等間隔配置という技術が確立されているが光部品の設計が特殊であるため高いコストの低減には結びつかなかった。この課題を解決する必要がある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の主な特徴は、例えば以下のとおりである。

- ・IP系光伝送の形態としてリングプロテクションに光スイッチを使用し、物理構成としてリング構成、論理構成としてスター構成の光分岐挿入マルチプレクサを採用し、接続管理を簡易なものとした。
- ・サブノードへの特定波長フィルタの適用による低コスト化を実現した。
- ・サブノードへの特定波長フィルタの増設により光信号接続の拡張性を持たせた。
- ・固定チャンネルと増設チャンネルでチャンネル割り当てに自在性を持たせた。
- ・増設チャンネルにダイナミック光スイッチ機能を取り入れることを可能とした。
- ・増設チャンネルにメッシュ接続を取り入れることを可能とした。
- ・増設チャンネルに光マルチキャスト機能を取り入れることを可能とした。
- ・複数経路接続でのトラヒック救済構成にとり、正常時の高いスループットと障害時のトラヒック救済を持たせた。
- ・光ファイバとして分散シフトファイバを用いた伝送路へ、波長帯域としてC-band (1530-1560nm) を使用することで、低価格な光部品の使用を可能とした。
- ・光マルチキャスト時やダイレクト光スイッチの構成時に光増幅器を必要に応じて備えることで、信号分岐の損失や光経路の切替時の光レベル差をなくし、光出力の変動を回避した。

【0011】本発明の第1の解決手段によると、主ノードとサブノードを有し、物理構成として時計回りと反時計回りに光信号を伝播させる2本の光伝送路からなる光ファイバリング構成とした光ネットワークの前記主ノード又は前記サブノードにおいて、主ノードまたはサブノ

ードではノード内のルータ側からの光信号となる第1方向の信号について、光ファイバリングの伝送路を伝播する波長多重信号中の一つのチャンネルに相当する波長に波長変換する波長変換部と、その波長変換部からの光信号を時計回りと反時計回りに光信号を伝播するための光分岐部と、2つの経路に対応して設置された各波長の光信号を多重する波長多重部と、前記波長多重部で多重化された光信号が入力され、2つの経路に対応して設置され、必要に応じてチャンネル増設用の波長バンド光の挿入部と、監視制御用の光信号が挿入できる挿入部とを有する光挿入部とからなり、また、リングの2つの光ファイバ伝送経路を経由して他のノードからそのノードへ入力する第2方向の信号が入力され、各々の2つの経路に対応して設置され、必要に応じて監視制御用の光信号分離部と、チャンネル増設用の波長バンド光が分離できる分離部を挿入できる光分離部と、2つの経路からの第2の方向に出力するときに2つの経路から正常時は一方向の信号を選択し、障害検出時には他方の経路からの信号に切り替える光スイッチと、その障害発生を検出する検出部と、光スイッチからの光信号をノード内のルータで受信できる光信号の波長に変換する波長変換部からなる。リング経路内の光信号の送信側と受信側に当たる波長変換部は1つの光信号に1つで光分岐と光スイッチにより、2つの経路の光信号の伝播に冗長系をもたせる構成とする。また、主ノードではすべての光チャンネルが分離、合波されるため、各光チャンネルの損失やレベルがばらつくのでそれを合わせるために、2つの経路に分離された各々の光信号を一定又は略一定の光のパワーになるように光レベルを調節する2つの経路に対応して設置された光レベル自動調節部が波長多重部の前に挿入される。

【0012】電話回線網では波長変換器の光送信または光受信器が故障して場合には即座に(例えば50ms)以内に復旧する必要があるが、IP系では数分から数時間内に復旧すればよように緩和される。これは、サイトに予備交換用カードを持っていれば交換できる時間であり、装置に必ずも冗長系を持たせるプロテクション機能が交換部品で対応可能な範囲では不要とできることを意味する。しかし、ファイバ伝送路の障害時には通常数分から数時間の復旧は不可能であり、システムとして冗長系をとる必要がある。このようにIP系では、2経路のリング型光伝送路構成に対して光送受信ではなく光スイッチによるプロテクション(障害復旧)機能を完てることでコストの低減と十分な障害対策がえられる。

【0013】物理的な構成を2ファイバ伝送路リング構成とするが、主ノードとサブノード間の光信号の接続を論理構成として波長単位のスター構成を採用して各トラフィックが主ノードを経由するようにした光ネットワークを提供する。論理スター構成にすることで例えばC-bandの16波長を使用した場合にも主ノードを経由して15サブノード間までの信号の接続が可能となる。限られた

リソースを有効に利用してネットワークが構成できる。フルメッシュでの接続では16波長では4ノードまでしか接続できない。また、ノード間を点間接続の波長多重構成にすると、離れたノード間までの中継ノード数が複数となり、転送コストが増大するが、論理スターとすることで中継ノードが主ノードの1箇所になるので中継ノードの無駄が省ける。

【0014】また、本発明の第2の解決手段によると、主ノードとサブノードを有し、物理構成として光ファイバリング構成とした光ネットワークにおいて、前記サブノードは、2つのリング状に配置された光ファイバ伝送路から入力された波長多重された光信号に対して、波長多重された光信号の中から1チャンネルに相当する波長を分離し、そのサブノードのルータからの光信号をその分離した波長に相当する波長に変換した光信号で挿入して、波長多重された光信号を出力する挿入分離部と、必要に応じて前記挿入分離部からの波長多重された光信号が入力され、チャンネル増設用の波長バンド光の挿入が可能な挿入部と、監視制御用の光信号の挿入が可能となる挿入部とを有する光挿入部が追加できるノードの出力側構造と、他の多重化された光信号と共にノード内のルータへの光出力となる第2方向の信号が入力され、必要に応じて監視制御用の光信号を分離することが可能な分離部と、チャンネル増設用の波長バンド光を分離することが可能な分離部が追加されえる分離部を有し、波長多重信号を前記挿入分離部に出力する光分離部と、ノード内のルータからの光信号で主ノードへの第1方向の光信号が入力されて波長多重信号中の一つのチャンネルに相当する波長に波長変換し、一方、第2方向に出力するための光信号を波長多重信号中の一つのチャンネルに相当する波長からルータで受信できる波長に波長変換する波長変換部と、第1方向について前記波長変換部からの光信号をリングの2つの時計回りと反時計回りに出力するために分岐して2つの経路に沿って挿入された2つの前記挿入分離部に出力し、第2方向について2つの経路に沿って挿入された2つの前記挿入分離部からの光信号を選択し前記波長変換部へ出力するための光スイッチと前記波長分離部からの信号の障害を検出する検出部を有する光スイッチ部とを備え、1つの主ノードとサブノード間の光信号の接続を論理構成として波長単位のスター構成を採用して各トラフィックが主ノードを経由するようにした光ネットワークを提供する。

【0015】本発明の第3の解決手段によると、サブノードの構成において第1の挿入分離部からの波長多重合波出力を第2の挿入分離部の波長多重合波入力に出力し、第3の挿入分離部の波長多重合波入力に第2挿入分離部から波長多重合波出力を入力するように、複数の前記挿入分離部間を接続することにより、複数のチャンネルの光信号の挿入分離を行うようにした光ネットワークの主ノードとサブノードとを備えた光ネットワークを提供

する。これにより、サブノードにおいても増設光チャンネルを設定できるため、論理スターを基準としたIP系光ネットワークにおいてその要求に応じて自在に伝送容量を拡張することが可能となる。

【0016】本発明の第4の解決手段によると、前記までの増設光チャンネルの光スイッチ部に、第2方向へ出力するための信号を分離するドロップルート又は信号を折り返すスルールート of のいずれかを選択する分岐挿入/通過切替光スイッチをさらに備える。この構成では、光ネットワークのオペレーションシステムによる遠隔制御により関連するノードの分岐挿入/通過切替光スイッチを設定することにより、光スイッチの切替速度であるmsのオーダーで光チャンネルの接続の切替を自在に設定できる。これにより、論理スターではサブノード間での通信で必ず主ノードのルータを経由する必要があったが、光信号のまま接続できることより、通過ルータを省け、コストを低減できる。

【0017】前記はダイナミック光スイッチとオペレーションシステムの遠隔制御を利用して、サブノード間の光チャンネルの直接接続を示したが、光コネクタの接続による手動切替を利用して、メッシュ接続を混在させても主ノードのルータ通過が省けるため、経済的に効果がある。

【0018】本発明の第5の手段によると、前記光スイッチ部は、第2方向へ出力するための信号を、分離するドロップルートと折り返すスルールートとに分岐する光カプラをさらに備える。この構成により、光信号の状態で複数のノードで信号の受信を共用できるので、ルータのマルチキャスト機能に比べて同報性が高く、伝送容量が大きい場合には電気スイッチによるルータでのマルチキャストよりも低コスト化が可能となる。

【0019】本発明の第6の手段によると、ダイナミック光スイッチや光マルチキャストで通過状態に設定した光スイッチ等の損失による挿入光との光レベルの補正や、光マルチキャスト光分岐で生じる光損失を補償するための光増幅器をさらに備える。本手段はIP系においてルータ機能より高いサービスを提供する光ネットワークとして必要となる構成である。

【0020】本発明の第7の手段によると、2ファイバ伝送路のリング型方式において、光チャンネル接続では主ノードとサブノード間の論理スターの構成において、主ノードからサブノードへの信号の流れについて、増設チャンネルの1つの波長の信号に対して2つの光ファイバの時計回りと反時計回りへの送出の光信号にそれぞれ独立したルータ出力をからの光信号を同じ波長で独立した波長変換部により波長は同じであるが独立した2つの信号光に変換して、送出する。受信側のサブノードにおいても時計回りと反時計回りの2つの光ファイバ伝送路からの同じ波長で独立した信号を光を独立した波長変換部で受け、独立したルータへ接続する。正常時にはルータ間



ではスループットが最大になるようにフローを調整して、片方の光ファイバ経路で障害を生じた場合には光受信部での信号断を検出してルータ間で正常動作の経路へ信号を重畳し、救済を行う。

【0021】本発明の第8の手段によると、少なくとも一部の光ファイバ伝送路に波長分散が0になる波長が1552nm近傍にある光ファイバ（分散シフトファイバ）を有する2ファイバ伝送路のリング構成で、1530nm-1560nmの波長域（C-band）において200GHz間隔の2つ以上の波長の光信号を多重化して伝送する系において、分散シフトファイバへの光入力光を光チャンネル当り-10dBm以下に抑え、光の変調速度を2.48Gbit/s以下に抑えた、ノード間スパン損失が12dB（相当ノード間隔が40km）以下の光リング系とする。波長分散が0となる最悪条件で、4光波混合による干渉成分が他の光チャンネルの波長に擾乱として影響する（Bit Error Rateを10E-12より悪化させる）光チャンネル単位の出力レベルは-10dBm強である。このため、-10dBmよりも光出力を低くするとその影響はなくなる。従来は分散シフト光ファイバの利用は10Gbit/s以上のレートを中心に研究開発されてきたため、光出力が-10dBmの出力では充分なS/N（信号雑音比）をとるための光レベルが高く、15個など複数のノードを中継する系では受信光レベルとして-16dBm以上が必要となるためレベルダイヤが組めなかった。これに対して、変調レートが1.25Gbit/sのギガビットイーサネット（登録商標）のあるいは2.48Gbit/sのSTM16の変調レートでは高いS/Nをとるための最低光レベルが10Gbit/sに比べて、9dBまたは6dB低く設定できるため、16ノードのリングを構成することが可能となる。特にC-bandの光部品が使用できることにより通常分散光ファイバ伝送路用の廉価な光部品が利用できるとともに分散シフトファイバ伝送路有する光ネットワークで、L-bandを含めて200GHz間隔の32chまでの増設を可能とし、拡張性が増す。

#### 【0022】

##### 【発明の実施の形態】

##### 1. 光ネットワーク構成

##### （1）光ネットワークの実施の形態1

リングネットワークとして、2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成する。ここでのPathとは光チャンネルのことである。図1に、2-Fiber UPSRの構成図を示す。2-Fiber UPSRでは、時計回り2-21、反時計回り2-22の各方向に1本のファイバを持ち、一方の信号を運用系(Working)として、他方を予備系(Protection)として使う。典型的な構成として1個のOADM（光分岐挿入：Optical Add Drop Multiplexer）リング2-21、2-22に主ノード2-1と最大8個のサブノード2-11～2-18が接続される。この例では、図(a)は1つの主ノード2-1と8つのサブノード2-11～2-18からなる物理的な構成例で、その論理的な接続は図(b)に示す。この実施の形態では、主ノードを起点とするスター構成をとり、全てのト

ラフィックは主ノード経由である。

【0023】この構成では、初期の主ノードとサブノード間の波長割当では、各サブノード2-11～2-18は主ノード2-1と波長単位の光チャンネル（＝光パス） $\lambda 1 \sim \lambda 8$ で接続される（実線参照）。また、増設は、例えば+1波長までとし、波長 $\lambda 9 \sim \lambda 16$ （破線）のいずれかを用い、必要に応じて光チャンネルを増設できる。例えば当初は主ノード2-1とサブノード2-5は $\lambda 5$ で接続されているが、必要に応じて $\lambda 13$ を増設できる。他のノードについても同様である。この論理スター接続では限られた光チャンネルリソースを効率的に利用できる。論理スターのサブノードでの分岐挿入光チャンネルを2チャンネル程度に限定することで、特定の波長の光チャンネルのみが抽出できる価格の低い誘電体干渉膜フィルタやファイバブラッグ反射器が使うことができ、そのためコストの低減ができる。

【0024】つぎに、図2に、他の2-Fiber UPSRの構成図を示す。通常の地理的な都市の構成では主ノード2-1が唯一大きな通信の拠点で他はさほど大きくないだけでも限らない。大サブノードを含む構成例として最大3～8chを収容できる大サブノード2-19と2-20を含む物理構成(a)と論理構成(b)を示す。

【0025】この実施の形態では、主ノードを起点とするスター構成をとり、全てのトラフィックは主ノード経由である。また、初期の主ノードとサブノード間の波長割当は、各1波長を割当て（ $\lambda 1 \sim \lambda 8$ ：実線）。大サブノードの増設は、例えば+7までとし、波長 $\lambda 16$ （破線）のいずれかを用いる。

【0026】この例では、大ノード2-19と主ノード2-1間に固定の $\lambda 3$ の他に $\lambda 10 \sim \lambda 12$ 、大ノード2-20と主ノード2-1間に固定の $\lambda 6$ の他に $\lambda 14 \sim \lambda 16$ を接続することができる（破線参照）。このようにサブノードの最大チャンネル数が選択でき、2chのような少ないチャンネルのノードにそれなりのコストが低い構成を使用し、さらに大ノードを組み合わせることでシステム全体のコストが低くしかも柔軟性が高いリングネットワークが構成できる。

##### 【0027】（2）光ネットワークの実施の形態2

図3に、2-Fiber UPSRでの主ノード2-1からサブノード2-12への保護パスの構成図を示す。2-Fiber UPSRでは、時計回り2-21、反時計回り2-22の各方向に1本のファイバを持ち、一方の信号を運用系(Working)として、他方を予備系(Protection)として運用系に障害が発生した場合には、逆方向の予備の信号を受信するように切り替え、障害区間の信号伝送を救済する。ここではルータ2-30からのIP信号を波長変換部2-31で特定の波長に変換して、光分岐2-32で時計回り2-21と反時計回り2-22の伝送路に接続する。受信ノード2-12では時計回り2-21と反時計回り2-22からの信号光を光スイッチ2-33で選択して、波長変換部2-36に接続し、波長変換部2-36でルータ2-37



の受信波長に変換された後、ルータ2-37に接続する。光ファイバ経路障害時2-35には受信ノード2-12で光入力断を検出して光スイッチ2-33を切替え、(1+1)と呼ばれる特定時間後の切戻しなしの経路切替を行う。

#### 【0028】(3) 光ネットワークの実施の形態3

図4に、無予備パスの構成図を示す。例えば、主ノード2-1からサブノード2-12、あるいはサブノード2-12から主ノード2-1への接続において、各々のファイバルート2-38及び2-39について同一の波長に別々の光チャネルが設定されたため、UPSRの倍のパスの設定が可能である。

#### 【0029】(4) 光ネットワークの実施の形態4

図5に、論理スターと論理メッシュ混在構成図を示す。基本的に必ず主ノード2-1と全てのサブノード2-11~2-18間に光チャネルを論理スター状にを設定する。これにより、少ないサブノード間の信号の流れも主ノード2-1を経由して行える。特にサブノードとサブノード間(例えば2-11と2-14、2-12と2-17、2-15と2-16)で大容量の信号の流れが生じるときに主ノード2-1を介する構成では主ノード2-1と各サブノード間に光チャネルを別の波長で張る必要があるため波長の消費が大きくなると共に主ノード2-1での通過信号のみのためのルータ使用が発生する。サブノード間(例えば2-11と2-14、2-12と2-17、2-15と2-16)に直接一つの光チャネル(例えばλ9、λ11、λ12)を充てることにより、上記波長の無駄な消費やルータ機能の無駄な消費がなくなる。実現のためには主ノード2-1に光チャネルの終端(光送受信部)とはべつに光チャネルを通過させる機能をもたせ、さらに合わせてサブノード2-11~2-18に任意は波長が増設できる機能を持たせるものである。

#### 【0030】(5) 光ネットワークの実施の形態5

図6に、MPLS(Multi Protocol Labeled Switch)に対応したダイレクト光スイッチの構成図を示す。IP(Internet Protocol)で要求されるMPLSに対応し、そのスケラビリティを拡大するために光スイッチによる切り替えにより光チャネルの遠隔自動設定を行う機能である。基本的に必ず主ノード2-1と全てのサブノード2-11~2-18間に光チャネルを論理スター状にを設定する。特に主ノード2-1と2つのサブノード(例えば2-19、2-20)間で大容量のMPLS機能に対応した帯域確保のIP信号を流すための光チャネル必要に応じて光スイッチ(切り替え時間が1ms程度)機能をもたせる。ダイレクトに3ノード間(例えば2-1と2-19と2-20間)に複数の波長(例えばλ9~λ16)を設定することにより様々なルーチングをしてノード間のMPLS用の容量を確保するよりも通過信号のみのためのルータ使用が減らせて制御が軽く、柔軟になる。リングネットワークの中で限られ16波長を効率よく使うために特定のノードにダイナミックスイッチの機能を持たせ大容量のMPLSに対応するものである。なお、大ノードのダイレクトスイッチングPCBへの変更と、管理機能の一部追加が必要に応じて施される。

【0031】ダイナミックスイッチを行うためには波長分離/挿入部や光スイッチを光信号が経由するため、損失を受けて減衰する。このため、ダイナミックスイッチの損失を補う光増幅器を設置する。

#### 【0032】(6) 光ネットワークの実施の形態6

図7に、光マルチキャストに対応した構成図を示す。IPルータにもマルチキャストの機能を持つものがある。しかし、一部用途ではノードでの分離/中継処理毎の遅延が積算して遅延時間が障害となる用途がある。高い同時同報性が要求される場合には光で直接分離/中継することが要求される。基本的に必ず主ノード2-1と全てのサブノード2-11~2-18間に光チャネルを論理スター状にを設定する。例えば高い同時性が要求される主ノード2-1からの信号の配信を行うための光チャネルλ9が信号を受信したいサブノード(例えば2-11、2-12、2-14、2-15、2-17、2-18)で分離/中継を行う。終端は最終点サブノード2-18としてもよいが、主ノード2-1として配信を確認するようにしてもよい。なお、マルチキャスト用PCBへの変更および管理の一部の機能追加が必要に応じて施される。

【0033】各サブノード(例えば2-11、2-12、2-14、2-15、2-17、2-18)ではマルチキャスト信号光チャネル(例えばλ9)を光信号のまま分離/中継するため、光パワーが分岐損失を受け減衰する。光チャネル毎に分岐損失を補う光増幅を設置するものである。

#### 【0034】(7) 光ネットワークの実施の形態7

図8に、2経路接続で独立に光信号を伝送している時に片方の経路で障害が発生したときのトラフィック救済の構成図を示す。本構成では上述のような光分岐2-32や光スイッチ2-36を使ったプロテクションは使用せず、代わりに、同じ発信ノード(例えば2-1)と受信ノード(例えば2-12)間で送信用ルータ2-30から2つの光チャネルに対応したトランスポンダ2-31があり、2つのトランスポンダ2-31から独立した2経路2-21と2-22を介して受信側ノード2-12の対応するトランスポンダ2-36でおおの信号受信し、ルータ2-37で処理するOADMシステム2-34である。正常状態では独立して信号が送れるためスループットを高めている系において、経路で障害2-35が発生した時に障害発生した経路の受信側2-12で光入力断(LOS)を検出する。そのLOS信号を契機に送信側2-1に障害を通知し、正常な経路2-21に障害発生側への発信信号を重疊することにより、救済する。

#### 【0035】(8) 光ネットワークの実施の形態8

図9に、地理的にノード配置が線状になる場合のネットワークとしてのリニアOADMネットワーク構成図を示す。物理構成は右行き信号ファイバ経路2-61と左行きファイバ経路2-62により構成される。リング構成と異なり光分岐2-32や光スイッチ2-33を用いたプロテクション機能はない。論理スターの構成からは光ネットワークの実施の形態1、4、5、6、7は同様に実現できる。

## 【0036】2. ノード

## (1) ノードの実施の形態1

図10は、OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図である。第1の方向(Add)側の主信号は、OADMの外部に接続されるギガビットイーサ(GbE)装置3-1よりOADM装置のトランスポンダ(波長変換部)3-2に入力され、ここで波長の変換が行われる。トランスポンダ(波長変換部)3-2での波長の変換は、O/E変換部で一旦電気信号に変換された後、E/O変換部にてリングの波長多重の中の一つのチャンネルにあたる波長に変換されて出力される。トランスポンダ(波長変換部)3-2から出力された信号は光スイッチ部3-3のカプラで2つに分岐され光レベル自動調節部0系3-4、1系3-5へ送られる。光レベル自動調節部0系3-4、1系3-5では各波長毎に一定の光のパワーになるように調節して波長多重部0系3-6、波長多重部1系3-8に主信号を送る。波長多重部0系3-6、1系3-8では入力(Add)された各波長を多重して送信する。光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部0系3-10、光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部1系3-11では波長多重部0系3-6、1系3-8で多重化された光信号を光増幅器で増幅して伝送路へ送信する。光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部3-10、3-11には、チャンネルを増設する際に使用される増設用の波長バンド光(図ではL-Bandを例として記載している)の挿入部、OSC(監視制御光信号)挿入部がある。

【0037】一方、第2の方向(Drop)側の主信号はファイバリング上で本ノードの0系と隣接しているOADM3-14、1系と隣接しているOADM3-15から監視制御光/L-Band光分離部0系3-12、監視制御光/L-Band光分離部1系3-13に入力される。監視制御光/L-Band光分離部3-12、3-13はOSC(監視制御光信号)分離部、チャンネル増設の際に使用される増設用の波長バンド光(図ではL-Bandを例として記載している)の分離部を備える。波長分離部0系3-7、波長分離部1系3-9では波長多重されている信号を各波長へ分離して波長毎に光スイッチ部(チャンネルスイッチ固定型)3-3へ送る。光スイッチ部(チャンネルスイッチ固定型)3-3では波長分離部0系3-7から入力される信号と波長分離部1系3-9から入力される信号を選択するスイッチ(SW)部を搭載している。光スイッチ部(チャンネルスイッチ固定型)3-3の波長分離部0系3-7、波長分離部1系3-9からの光入力端には光入力断(LOS)検出部3-40、3-41があり、障害を検出して光スイッチの切り替えをおこなう。

【0038】つぎに、図11に、架の実装図(1)を示す。架には最初から必要なユニット、トランスポンダ部3-50、光スイッチ・波長多重分離部3-51、光増幅・監視制御部3-52があり、初期の8チャンネルまでに対応するトランスポンダ3-2-1~3-2-8と光スイッチ部3-3-1~3-3-

8、光レベル自動調節部0系3-4、1系3-5、波長多重部0系3-6、波長多重部1系3-8、波長分離部0系3-7、波長分離部1系3-9、光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部0系3-10、光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部1系3-11、監視信号処理部3-60が含まれる。3-2-1~3-2-8、3-3-1~3-3-8は各波長の異なる8つの光チャンネルに対応する。さらに光チャンネルを増設したいときにはトランスポンダユニット3-50と光チャンネル・波長多重ユニット3-51を追加する。追加のユニット構成を共通化することで供給の品種が減るため、運用の経済化が進められる。

## 【0039】(2) ノードの実施の形態2

図12及び図13は、OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(1)及び(2)である。

【0040】入力(Add)側の主信号は、OADMの外部に接続されるギガビットイーサ(GbE)装置3-1よりOADM装置のトランスポンダ(波長変換部)3-2に入力され、ここで波長の変換が行われる。トランスポンダ(波長変換部)3-2から出力された信号は挿入分離部(Add/Drop部)0系3-16、Add/Drop部1系3-17において他のチャンネルに多重して光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部0系3-10光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部1系3-11に送信される。もし、ファイバリング上で本ノードの0系と隣接しているOADM3-14もしくはファイバリング上で本ノードの1系と隣接しているOADM3-15までの距離が短く、伝送路の損失が小さい場合、図12において増幅器は不要となる。すなわち、図12の光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部0系3-10、光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部1系3-11に代わり、光増幅機能のみを省いた図13の監視制御光/L-Band光分離部3-18及び監視制御光/L-Band光分離部3-19が用いられる。

【0041】一方、出力(Drop)側の主信号はファイバリング上で本ノードの0系と隣接しているOADM3-14、1系と隣接しているOADM3-15から監視制御光/L-Band光分離部3-12、監視制御光/L-Band光分離部3-13に入力される。Add/Drop部0系3-16、Add/Drop部1系3-17において波長多重された主信号の中から1chの波長のみを分離して光スイッチ部(チャンネルスイッチ固定型)3-3へ送る。光スイッチ部(チャンネルスイッチ固定型)3-3ではAdd/Drop部0系3-16から入力される信号とAdd/Drop部1系3-17から入力される信号を選択するスイッチ(SW)部を搭載している。

【0042】Add/Drop部0系3-16、Add/Drop部1系3-17は価格の低い誘電体フィルタ又はファイバブラッグ反射器等により構成できる。ノードにおいて1chのみAdd/Dropが必要な場合は、本構成を適用することで経済化を図ることができる。

## 【0043】(3) ノードの実施の形態3

図14及び図15は、OADM(光分岐挿入: Optical Add D

rop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(1)及び(2)である。

【0044】基本的な構成は上述のサブノードと同様であるが、Add/Drop部 3-16,17に加え、2ch目増設Add/Drop部 0系3-20、2ch目増設Add/Drop部 1系3-21、3ch目増設Add/Drop部 0系3-22、3ch目 増設Add/Drop部 1系3-23を追加することにより、1ch〜3chまでのAdd/Dropを可能としている。これらのAdd/Drop部は、ノードの実施の形態2と同様、価格の低い誘電体フィルタか又はファイバブラッグ反射器等により構成でき、経済的である。

【0045】図16に、架の実装図(2)に示す。初期はトランスポンダユニット3-50と光スイッチ・波長多重分離・光増幅ユニット3-52にトランスポンダ3-2-1、Add/Drop部 0系3-16、Add/Drop部 1系3-17、光増幅及び監視制御光/L-Band光挿入部 0系3-10、光増幅及び監視制御光/L-Band光挿入部 1系3-11、監視信号処理部3-60が含まれる。必要に応じて2ch目増設Add/Drop部 0系3-20、2ch目増設Add/Drop部 1系3-21、3ch目増設Add/Drop部 0系3-22、3ch目 増設Add/Drop部 1系3-23の追加が可能である。特に3ch目の増設では光スイッチ・波長多重分離・光増幅ユニット3-52を増設する。先の図11の主ノードとユニットが共用できるので品種が減り、供給性、保守用の部品の保存数の削減が行え、経済的となる。

【0046】もし、ファイバリング上で本ノードの0系と隣接しているOADM3-14もしくはファイバリング上で本ノードの1系と隣接しているOADM3-15までの距離が短く、伝送路の損失が小さい場合、図15で光増幅器は不要となる。すなわち、図14光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部 0系3-10光増幅及び監視制御光/L-Band光挿入部 1系3-11に代わり、光増幅機能のみを省いた図15の監視制御光/L-Band光分離部3-18及び監視制御光/L-Band光分離部3-19が用いられる。

#### 【0047】(4) ノードの実施の形態4

図17及び図18は、OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(1)及び(2)である。

【0048】主信号構成は、ほぼノードの実施の形態1と同じ構成となっている。しかし、論理スター型主ノードのようにすべてのチャンネルをAdd/Dropする必要はないので、将来追加する可能性はあっても現段階では使用しないチャンネルについては波長分離部 0系3-7、波長分離部 1系3-9から光レベル自動調節部 0系3-4、光レベル自動調節部 1系3-5に直接光ファイバで接続して使用する。

【0049】ファイバリング上で本ノードの0系と隣接しているOADM3-14、ファイバリング上で本ノードの1系と隣接しているOADM3-15からの距離が長く伝送路損失が

大きい場合、該当ノードの入力端において光増幅が必要となる。すなわち図17監視制御光/L-Band光分離部3-12、監視制御光/L-Band光分離部3-13の代わりに図18光増幅・監視制御光/L-Band光分離部 0系3-24、光増幅・監視制御光/L-Band光分離部 1系3-25が使用される。

#### 【0050】(5) ノードの実施の形態5

図19及び図20は、OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図(1)及び(2)である。ノードの実施の形態1と異なる点は、光スイッチ部3-26がダイナミックスイッチが可能である構成を持っていることである。すなわち、リング上から該当ノードに入力された主信号がトランスポンダ(波長変換部) 3-2までDropされず、Drop/スルー選択用 光スイッチ 0系3-29、Drop/スルー選択用 光スイッチ 1系3-30及びAdd/スルー選択用 光スイッチ 0系3-31、Add/スルー選択用 光スイッチ 1系3-32により折り返しリング上へ送信される。しかし、このスルーのルートを選択された際、問題となるのがこれらスイッチによる光の損失である。そこでこの損失を補償する光増幅器(LCA: Loss Compensation Amplifier) 0系3-27、1系3-28が使用される。このような構成にすることで切り替えによる光レベルの変動を吸収する。

【0051】また、他の機能を持つ例えばノードの実施の形態1やノードの実施の形態2、3、4の場合の光スイッチ部3-3を光スイッチ部3-26に置き換えるだけでレベルも同じ設定値をもっているため、他の部品や調整値が共用できる。このようにすることで、他の光チャンネルが使用状態にあっても本機能を持たせる光チャンネルを増設するというインサービス拡張を可能とする。

【0052】図21に、アド・ドロップ用光スイッチを搭載した主ノードの架の実装図、図22に、同サブノードの架の実装図を示す。いずれもユニットは通常の光スイッチ部3-3を増設するものと共通で、コネクタの配線をアド・ドロップ・スルー用光スイッチ3-26-9〜3-26-16、にも対応したものとしている。これにより、必要に応じてアド・ドロップ・スルーの光スイッチを併用することができ、サービスの機能拡張が可能である。

【0053】ノードの実施の形態4の場合と同じく、図19が受信側の光増幅器を使用しない場合の主信号構成例、図20が受信側の光送信器を使用した場合の主信号構成例である。

#### 【0054】(6) ノードの実施の形態6

図23及び図24は、OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図(1)及び(2)である。ノードの実施の形態1と異なる点は、光スイッチ部3-33においてリング上から入力されてきた主信号をトランスポンダ(波長変換部) 3-2へDropするルートとリング上へ送り返すルートに分岐する

ことである。この分岐は光スイッチ部3-33のDrop/スルー分岐用 3-34、1系3-35で行われる。ノードの実施の形態5と同様、スルーのルートにおいてスイッチによる光の損失が影響する。そこでこの損失を補償する光増幅器(LCA: Loss Compensation Amplifier) 0系3-27、1系3-28が使用される。

【0055】他の機能を持つ例えばノードの実施の形態1やノードの実施の形態2、3、4の場合の光スイッチ部3-3を光スイッチ部3-26に置き換えるだけでレベルも同じ設定値をもっている、他の部品や調整値が共用できる。このようにすることで、他の光チャネルが使用状態にあっても本機能を持たせる光チャネルを増設するというインサービス拡張を可能とする。

【0056】ノードの実施の形態4、5の場合と同じく、図23が受信側の光増幅器を使用しない場合の主信号構成例、図23が受信側の光送信器を使用した場合の主信号構成例である。

### 【0057】3. 光ファイバ及び波長帯域

#### (1) 分散シフト光ファイバ

つぎに、1550nm近傍の波長分散が0近傍となる分散シフト光ファイバ(ITU-T G.653規定、DSF)伝送路へのC-band波長多重システムの実施の形態について説明する。分散シフトファイバ伝送路では波長分散が0近傍となるC-bandの波長の光を等波長間隔に配置すると通常の光レベル例えば、ITU-T G.957のSTM16の1430-1580nmに規定されている光レベル:-5~0dBmのようなレベルでは4光波混合を生じる場合がある。C-bandの光部品はすでに市場に普及し、コスト低く、供給性が高い。L-bandと呼ばれる1570-1600nmの波長帯をDSF伝送路に適用すると波長分散が0でなくなるため等間隔の波長配置が可能となることからこのL-bandを使用するアイデアがあるが、供給性が悪くコストが高い。

【0058】本実施の形態ではC-bandの波長多重をDSF光ファイバ伝送路に適用する技術を示す。4光波混合は等間隔の波長が光チャネル当り-10dBm以上になると生じる現象である。従来の技術では例えば2.5Gbit/s、10Gbit/sなどの早いレートを対象としていたために光出力が-10dBmでは雑音制限から来る最小受信感度との差が取れず伝送距離が実用的なものにならなかった。例えば、pin-PDを使用した場合、2.5Gbit/sでは-18dBmや、10Gbit/sでは-14dBmである。また、光信号対雑音比(SNR)からくる制約においてもNF(雑音指数)が7dBの中継用光増幅器を7台でした場合には2.5Gbit/sで-24dBm、10Gbit/sで-18dBmの最小受信感度となり、2.5Gbit/sで最大で14dB、10Gbit/sで8dB、さらにばらつきを4dB程度考慮すると2.5Gbit/sで10dB、10Gbit/sで4dBの光ファイバ伝送路損失しか補償できず、実用的な適用が難しい。

【0059】Giga bit Ethernet(登録商標)の転送レートは1.25Gbit/sである。1.25Gbit/sではS/Nは2.5Gbit/sに比較して3dB改善されるので、12d

Bの光ファイバ伝送損失の補償が可能となる。このため10Gbit/sでは適用が難しい20km~40kmのC-bandの光ファイバ伝送が少しマージンを持って可能となる。

【0060】本実施の形態では、一例として、1.25Gbit/sのレートの光信号を20km~40kmのスパン間隔で7ノード中継するDSF光ファイバ伝送ネットワークで、DSF特有のC-bandで生じる4光波混合を避けるために光レベルを下げた伝送方法を示した。スパン損失の範囲が12dB程度の場合には中継用光増幅器はノード毎に一段で充分であり、前置光増幅器か、後置光増幅器かどちらか一方でよい。中継用光増幅器の機能はそのノードを通過する光チャネルへに対する機能であるが、そのノードでドロップする光チャネルについても考慮しなければならない。光レベルを下げると光受信器への入力不足があるため、本実施の形態では光受信器への光入力レベルを確保するために前置光増幅器を用いる。すなわち、ノードからの光出力を最大-10dBm、最小-14dBmとして、スパン損失12dBとして、伝送路ペナルティ1dBとしたときの最小光受信レベルが-27dBm、を前置光増幅器で増幅して光受信器への光入力を-20dBm以上にまであげて、光受信器の単体の受信レベル30dBmに対しても10dBのマージンを与えるものである。

#### 【0061】(2) 通常分散光ファイバ

1310nm近傍の波長分散が0近傍となる通常分散光ファイバ(ITU-T G.652規定、SMF)伝送路へのC-band波長多重システムの実施の形態について説明する。分散シフトファイバ伝送路と異なり1550nm付近波長では17ps/nm/km程度の波長分散があるので4光波混合の心配がなく、光レベルに関係なくC-bandの波長の光を等波長間隔に配置することができる。C-bandの光部品はすでに市場に普及し、コスト低く、供給性が高い。

【0062】本実施の形態のシステムでは20~40kmまでのスパンを想定して、スパン損失~12dB程度とする。光レベルを高くすることにより、例えば、S/Nに余裕ができるのでノード数を16ノードまで、換言すると光中継数を15まで拡張する構成が可能となる。スパン損失の範囲が12dB程度の場合には中継用光増幅器はノード毎に一段で充分であり、前置光増幅器か、後置光増幅器かどちらか一方でよい。中継用光増幅器の機能はそのノードを通過する光チャネルへに対する機能であり、ノード数に対応して中継光増幅器の数が必要となるのでコストは低く抑えたいところである。光レベルが高くなると先のDSFの場合の光受信器の制約と逆に送信側の光出力からの制限を考慮する必要が出てくる。通常、光送信器の光出力を0dBm以上にする製造性の困難さからコストが上がる。光送信器からノードの出力端まではMUXやALC、DMXを経由するため損失が9dB程度生じる。このため、前置増幅器でなく後置増幅器を用いることとする。全体の光レベルが高いとノードでの光受信器へのレベルも高くなるので、前置増幅器を使う必要はなくなる。

【0063】考慮すべき点は後置増幅器への入力レベルである。光増幅器は光入力レベルが高くなると同じ光利得を得るのにより大きな励起光パワーが必要になる。しかし、伝送設計では光増幅器の機能は損失補償にあるので、高い光レベルの入力は無駄が大きくコスト高を招く。16光チャネルのスパン間隔が20-40kmまで（スパン損失～12dB）の光伝送路系では-20dBm～-17dBmの光入力

で利得を20dB程度とした1励起光源の後置光増幅器を用いることにより、システム全体のS/Nを高く、20ノードまで拡張が可能となる。それ以上の光レベルでは2励起の後置光増幅器が必要となるか、1励起光源では16ノードの構成ができなくなる。

【0064】本実施の形態では比較的低出力の光源を使用し、かつ、1励起光源の光増幅器を適用した、コスト効率の高いシステムとして、スパン損失12dBのSMFファイバ伝送路へC-band、16光チャネル波長多重の16ノードシステムへの対応してノードの後置光増幅器の光チャネル当りの光入力を-20dBm～-17dBm、利得を20dB程度に設定するものである。

【0065】（3）混在下光ファイバ  
G.652規定光ファイバとG.653規定光ファイバが混在した光ネットワーク系については上記「（1）分散シフト光ファイバ」で規定した光レベルを適用することで、コストの低いC-band波長多重を適用することができる。

【0066】

【発明の効果】本発明によると、以上のように、中規模IP系ネットワーク等の光ネットワークを低コストで構成することができる。また、本発明によると、初期投資を押さえ、増設を可能として拡張性を持たせ、高いキャッシュフローを実現する光ネットワークを提供することができる。

【0067】また、本発明によると、伝送路の種類、使用される波長帯域等に依存せず、構成部品を共通化した光ネットワークを提供することができる。さらに、本発明によると、空きの伝送経路の有効利用を図るとともに、2-ファイバでの高信頼ネットワークを光レイヤで対応することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】2-Fiber UPSRの構成図。

【図2】他の2-Fiber UPSRの構成図。

【図3】2-Fiber UPSRでの主ノード2-1からサブノード2-12への保護パスの構成図。

【図4】無予備パスの構成図。

【図5】論理スターと論理メッシュ混在構成図。

【図6】MPLS(Multi Protocol Labeled Switch)に対応したダイレクト光スイッチの構成図。

【図7】光マルチキャストに対応した構成図。

【図8】2経路接続で独立に光信号を伝送している時に片方の経路で障害が発生したときのトラヒック救済の構成図。

【図9】地理的にノード配置が線状になる場合のネットワークとしてのリニアOADMネットワーク構成図。

【図10】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図。

【図11】架の実装図(1)。

【図12】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(1)。

【図13】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(2)。

【図14】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(1)。

【図15】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(2)。

【図16】架の実装図(2)。

【図17】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(1)。

【図18】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で論理スター型の2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際のサブノードの主信号構成図(2)。

【図19】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図(1)。

【図20】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図(2)。

【図21】アド・ドロップ用光スイッチを搭載した主ノードの架の実装図。

【図22】アド・ドロップ用光スイッチを搭載したサブノードの架の実装図。

【図23】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図(1)。

【図24】OADM(光分岐挿入: Optical Add Drop Multiplexer)で2-Fiber UPSR(Unidirectional Path Switched Ring)を構成した際の主ノードの主信号構成図(2)。

【符号の説明】

2-1:主ノード、2-2:主ノード1、2-3:主ノード2、2-11:

サブノード1、2-12:サブノード2、2-13:サブノード3、2-14:サブノード4、2-15:サブノード5、2-16:サブノード6、2-17:サブノード7、2-18:サブノード8、2-19:大サブノード1、2-20:大サブノード2、2-21:時計回り光ファイバ経路、2-22:反時計回り光ファイバ経路、2-30:ルータ、2-31:トランスポンダ、2-32:光分岐、2-33:光スイッチ、2-34:OADMリング、2-35:故障点、2-36:トランスポンダ、2-37:ルータ、2-38:時計回り光チャネル*λ<sub>i</sub>*、2-39:反時計回り光チャネル*λ<sub>i</sub>*、2-40:トランスポンダ、2-41:ルータ、2-42:トランスポンダ、2-43:ルータ、2-51:ルータ1、2-52:ルータ2、2-53:ルータ3、2-54:ルータ4、2-61:右行きファイバ経路、2-62:左行きファイバ経路

3-1 OADMの外部に接続されるギガビットイーサ (GbE) 装置

3-2 トランスポンダ(波長変換部)、3-2-\* \*chに対応したトランスポンダ

3-3 光スイッチ部(チャネルスイッチ固定型)、3-3-\* \*chに対応した光スイッチ部(チャネルスイッチ固定型)

3-4 光レベル自動調節部 0系

3-5 光レベル自動調節部 1系

3-6 波長多重部 0系

3-7 波長分離部 0系

3-8 波長多重部 1系

3-9 波長分離部 1系

3-10 光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部 0系

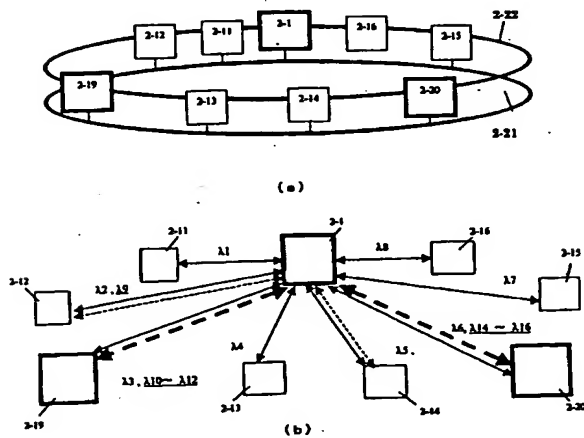
3-11 光増幅・監視制御光/L-Band光挿入部 1系

3-12 監視制御光/L-Band光分離部 0系

3-13 監視制御光/L-Band光分離部 1系

3-14 ファイバリング上で本ノードの0系と隣接しているOADM

【図 2】



3-15 ファイバリング上で本ノードの1系と隣接しているOADM

3-16 Add/Drop部 0系

3-17 Add/Drop部 1系

3-18 監視制御光/L-Band光挿入部 0系

3-19 監視制御光/L-Band光挿入部 1系

3-20 2ch目増設Add/Drop部 0系

3-21 2ch目増設Add/Drop部 1系

3-22 3ch目増設Add/Drop部 0系

3-23 3ch目 増設Add/Drop部 1系

3-24 光増幅・監視制御光/L-Band光分離部 0系

3-25 光増幅・監視制御光/L-Band光分離部 1系

3-26 光スイッチ部(ダイナミックスイッチ型)、3-26-\* \*chの光スイッチ部(ダイナミックスイッチ型)

3-27 スwitchの損失を補う光増幅器(LCA: Loss Compensation Amplifier) 0系

3-28 スwitchの損失を補う光増幅器(LCA: Loss Compensation Amplifier) 1系

3-29 Drop/スルー選択用 光スイッチ 0系

3-30 Drop/スルー選択用 光スイッチ 1系

3-31 Add/スルー選択用 光スイッチ 0系

3-32 Add/スルー選択用 光スイッチ 1系

3-33 光スイッチ部(マシキャスト型)

3-34 Drop/スルー分岐用 カブラ 0系

3-35 Drop/スルー分岐用 カブラ 1系

3-40 0系 光入力断(LOS)検出部

3-41 1系 光入力断(LOS)検出部

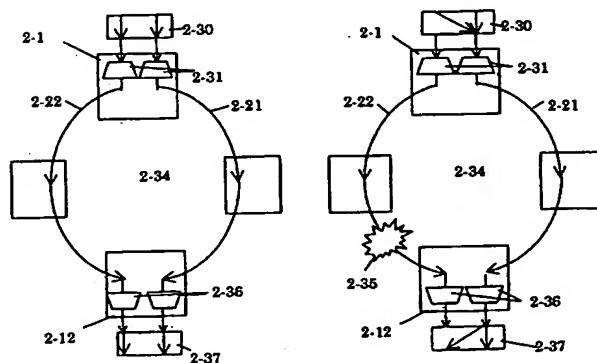
3-50 トランスポンダユニット

3-51 光スイッチ・波長多重分離ユニット

3-52 光増幅・監視制御ユニット

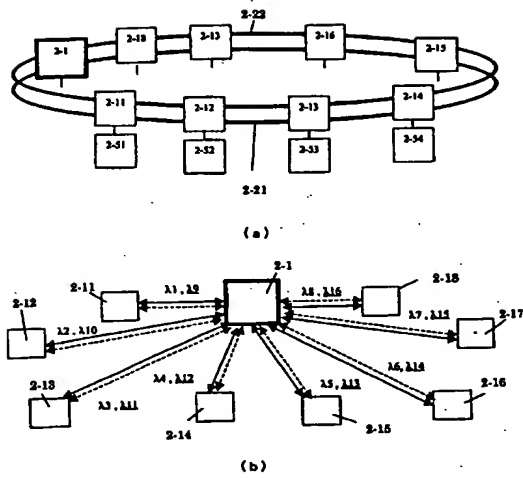
3-60 監視信号処理部

【図 8】

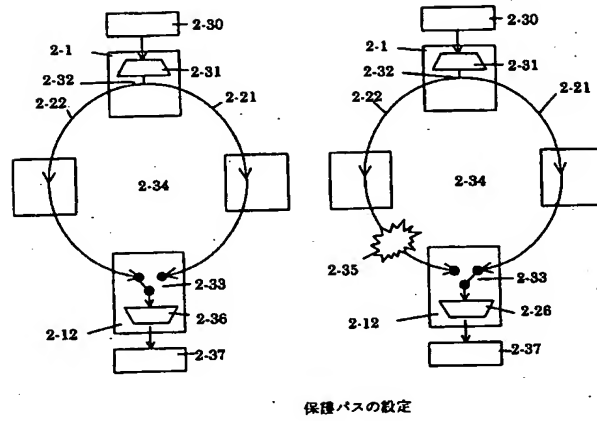


複数経路接続でのトラフィック救済

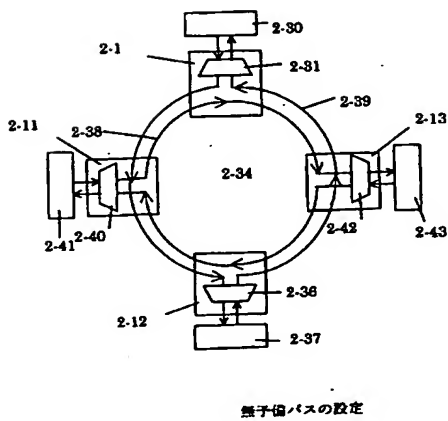
【図1】



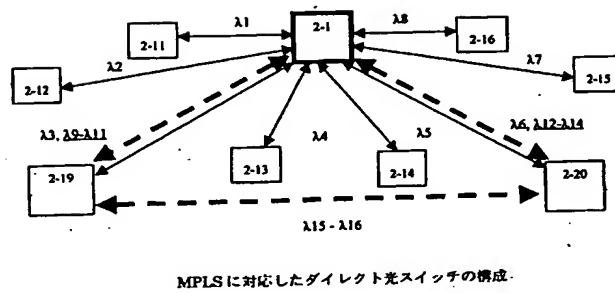
【図3】



【図4】

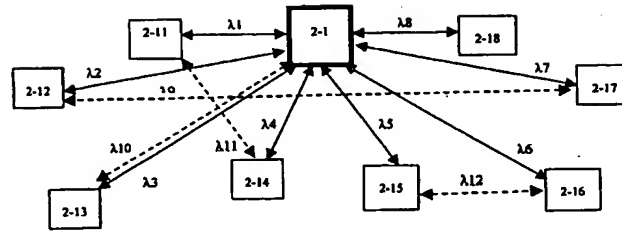


【図6】



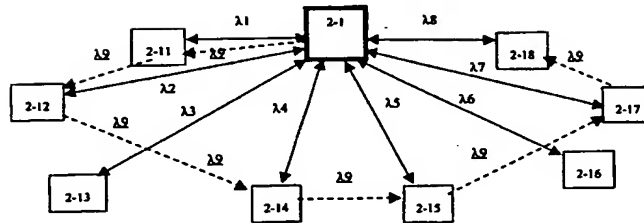


【図 5】



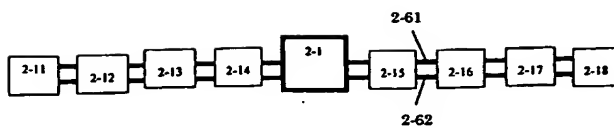
固定接続メッシュ構成

【図 7】



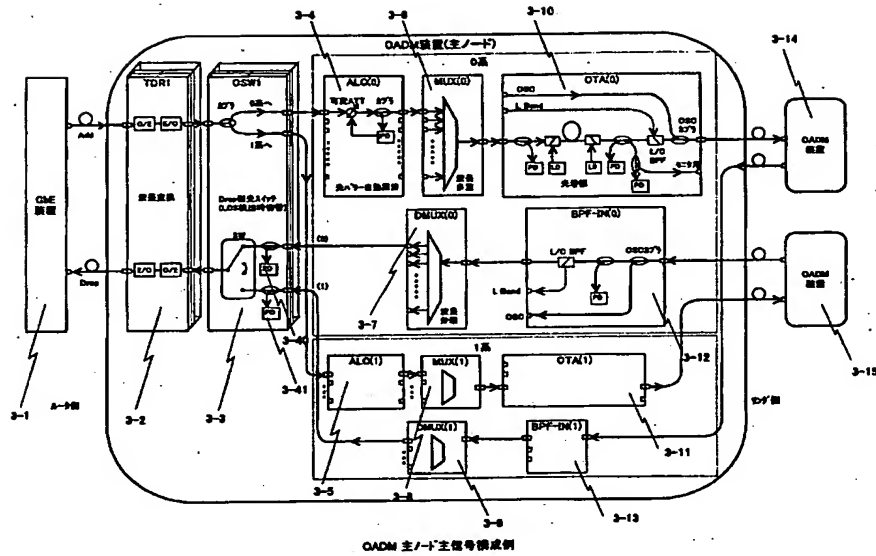
光マルチキャストに対応した構成

【図 9】

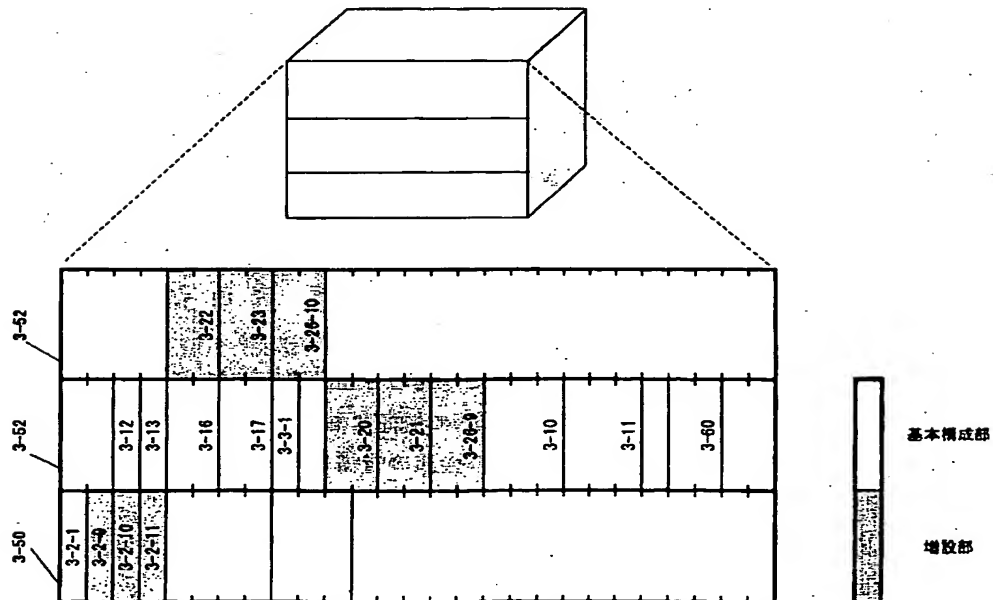


リニア OADM の構成

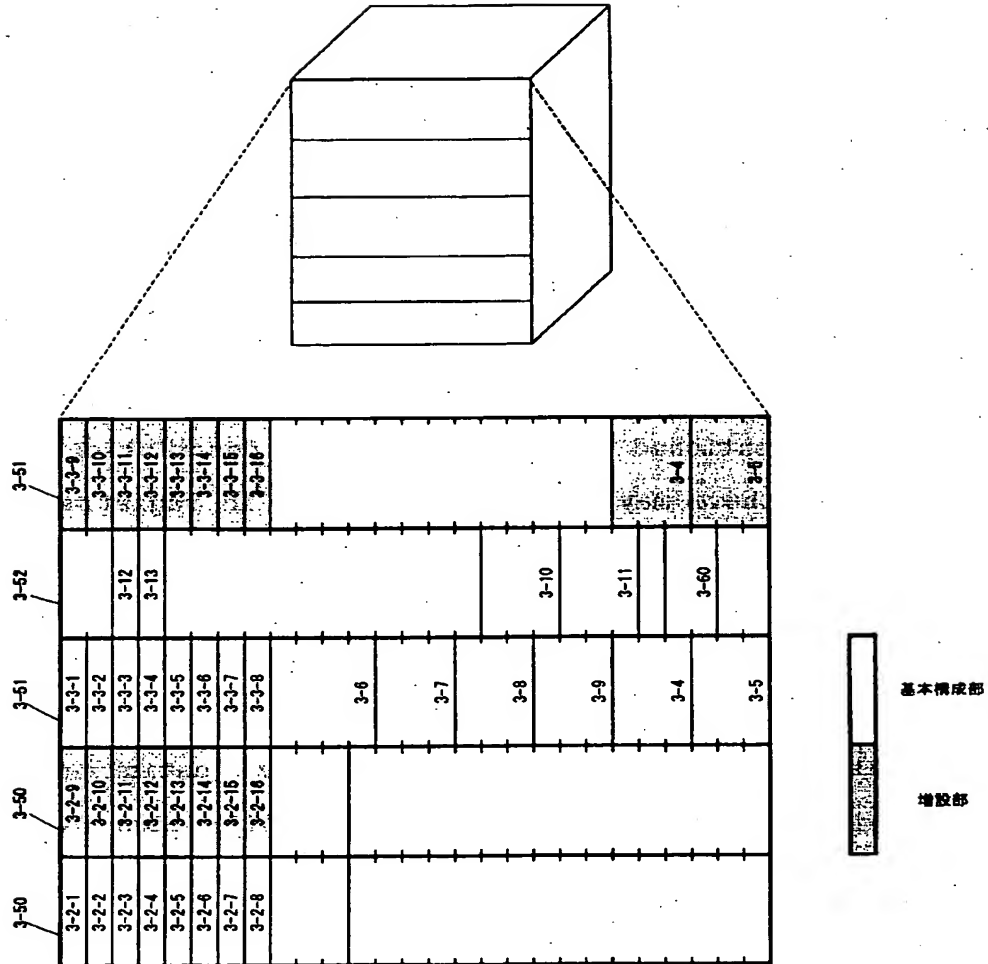
【図10】



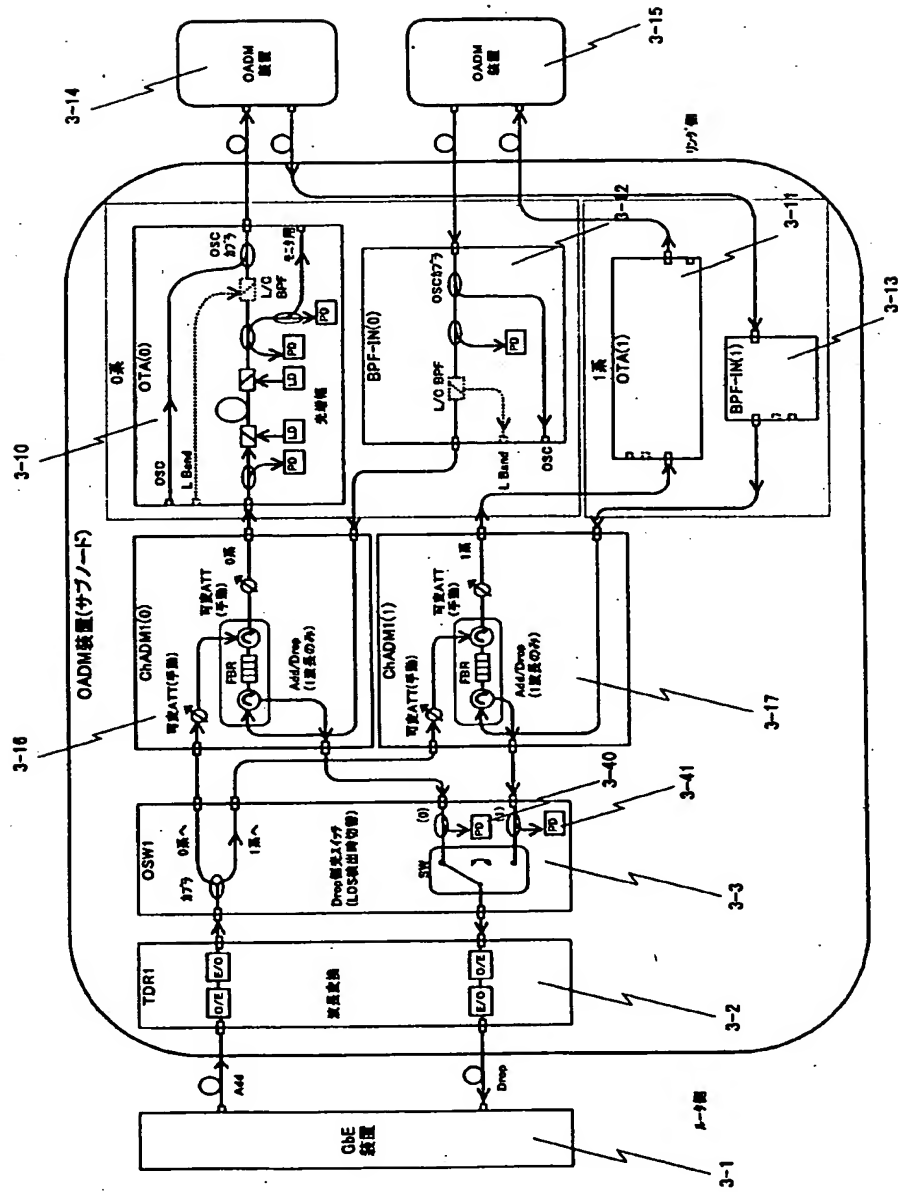
【図22】



【図 11】

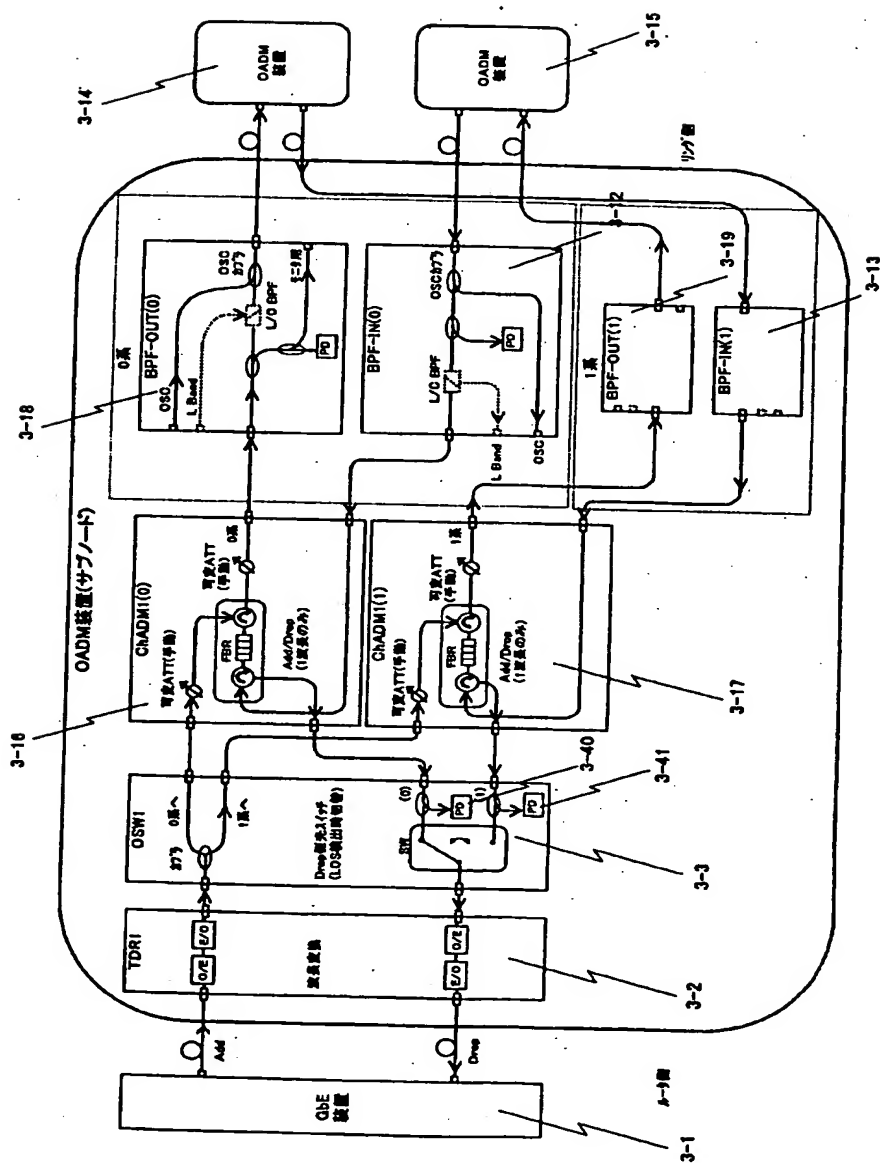


【図 12】



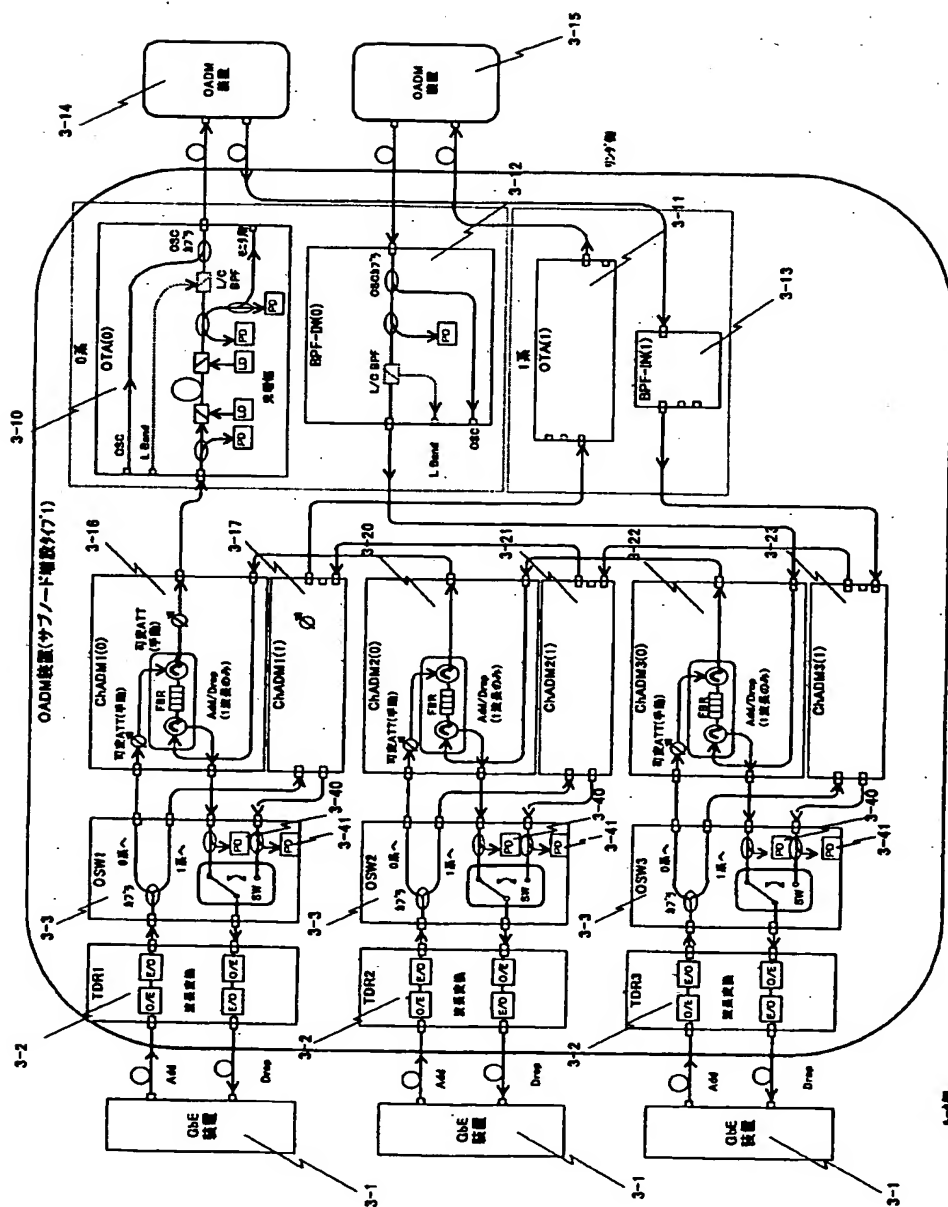
サブポート(1ch Add/DropX送信側光増幅器使用)主信号構成例

【図13】



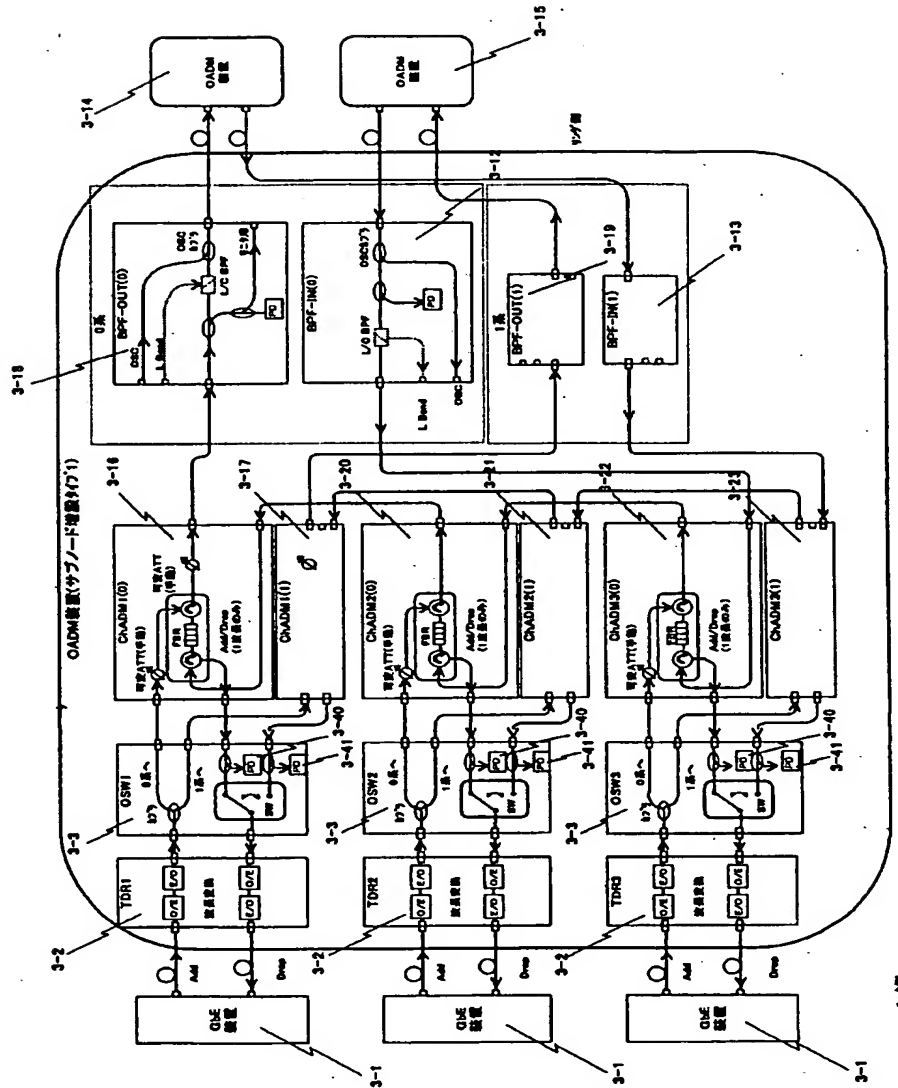
サブノード(1ch Add/Drop)送信側光増幅器未使用(受信側構成例)

【図 14】



97ノット(3ch Add/Drop)送信機光増幅器使用)主信号増幅例

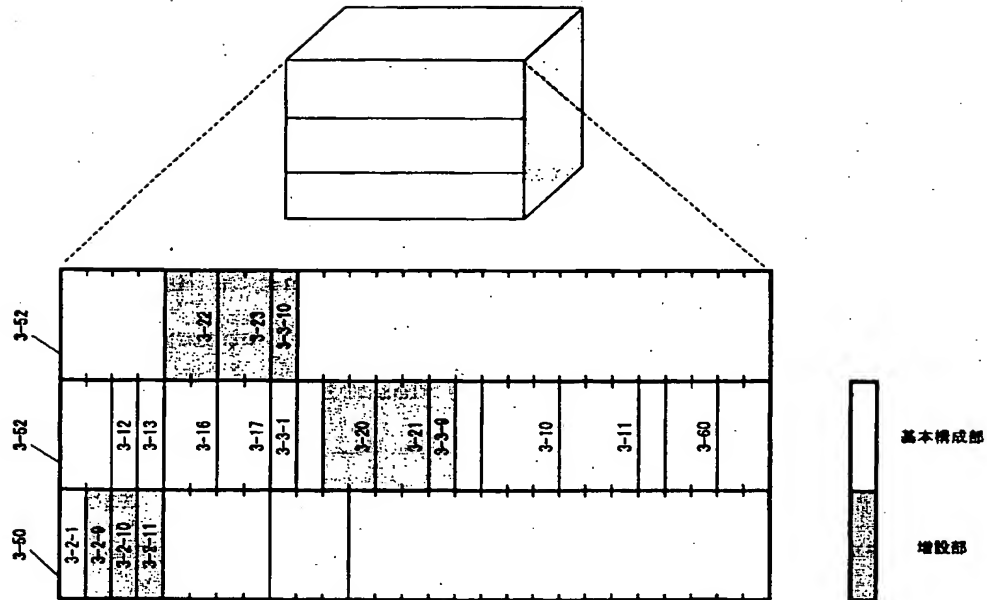
【図 15】



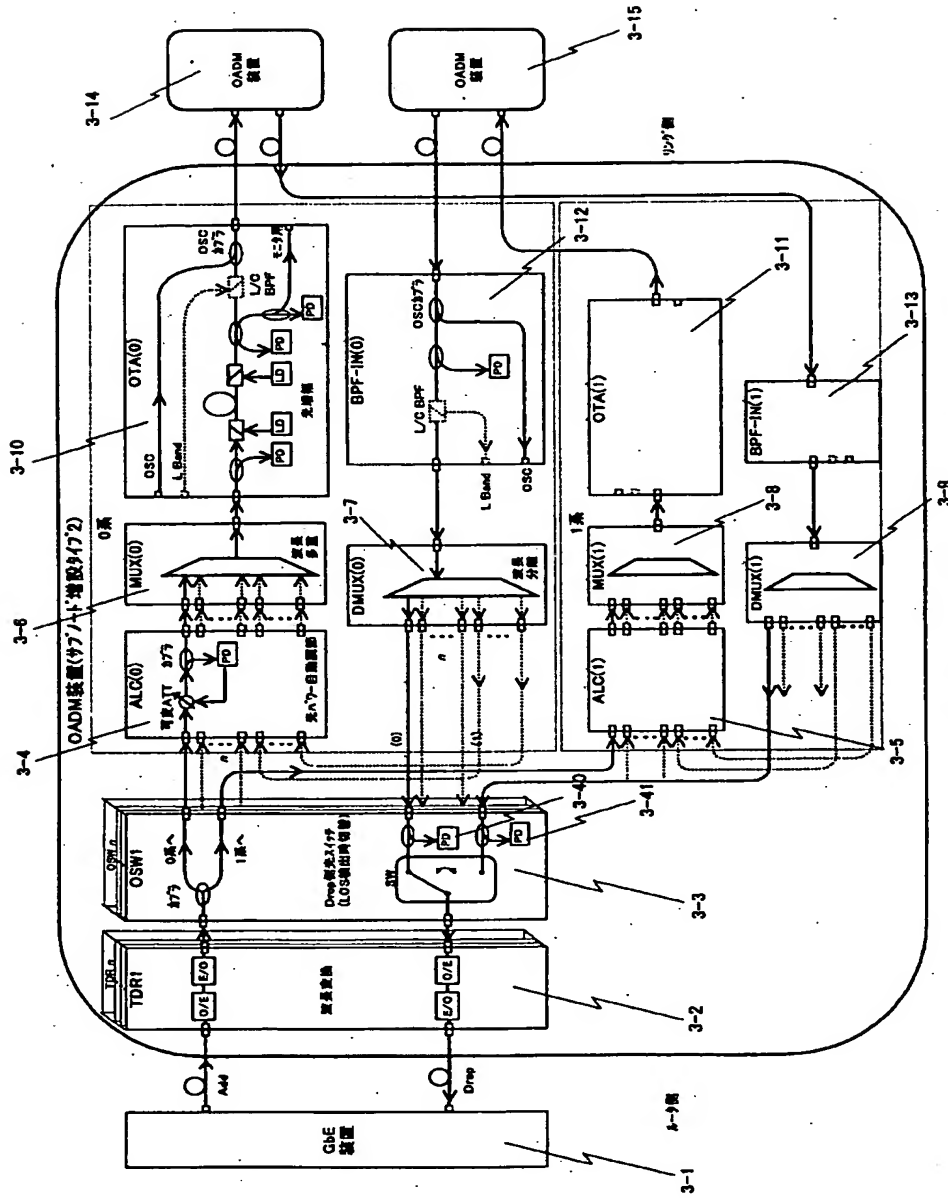
977-1-1 (Sch. Add/Drop) (送信側光増幅器未使用) 送信増幅器例



【図16】



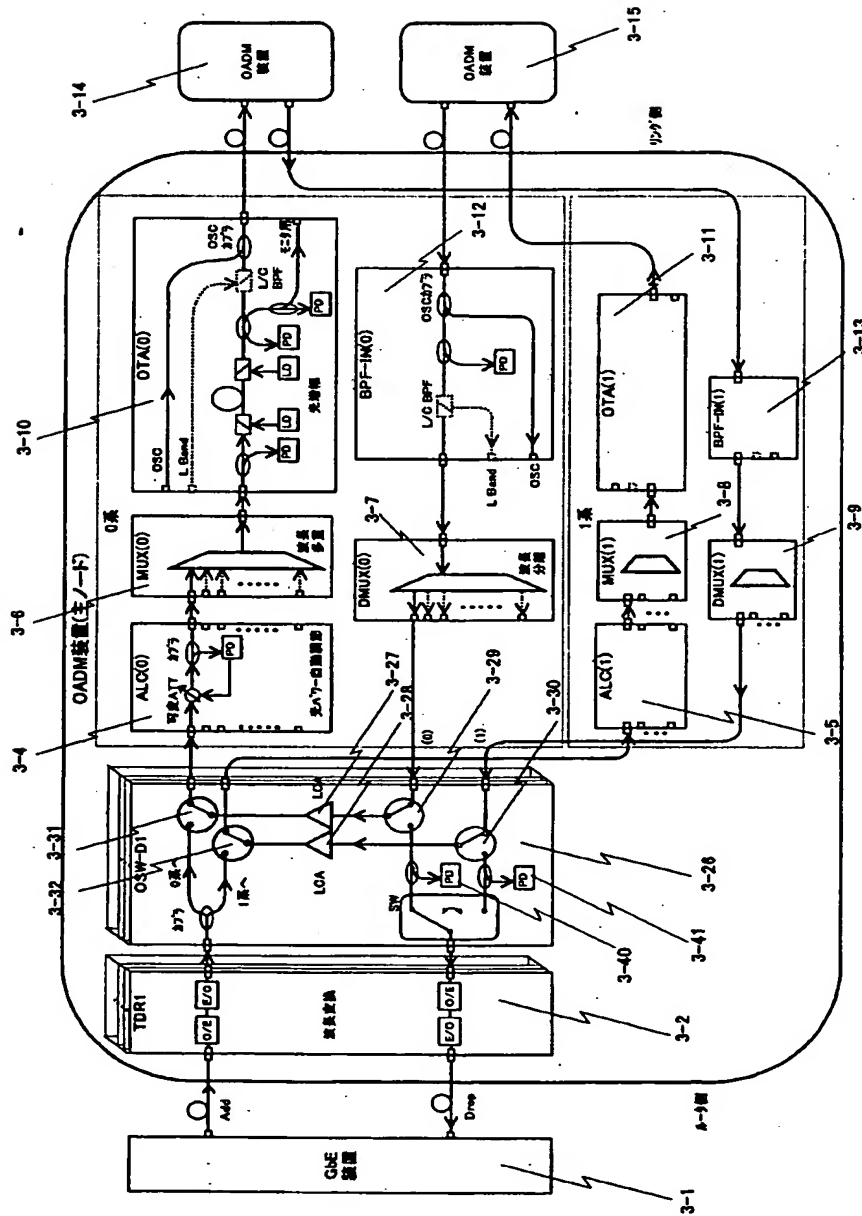
【図17】



OADM 4xN (Drop/Add/Drop) 受信側光増幅器未使用主信号構成例

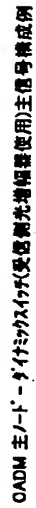
**OADM サブノード(多ch Add/Drop(受信側光増幅器使用)主信号構成例**

【図19】



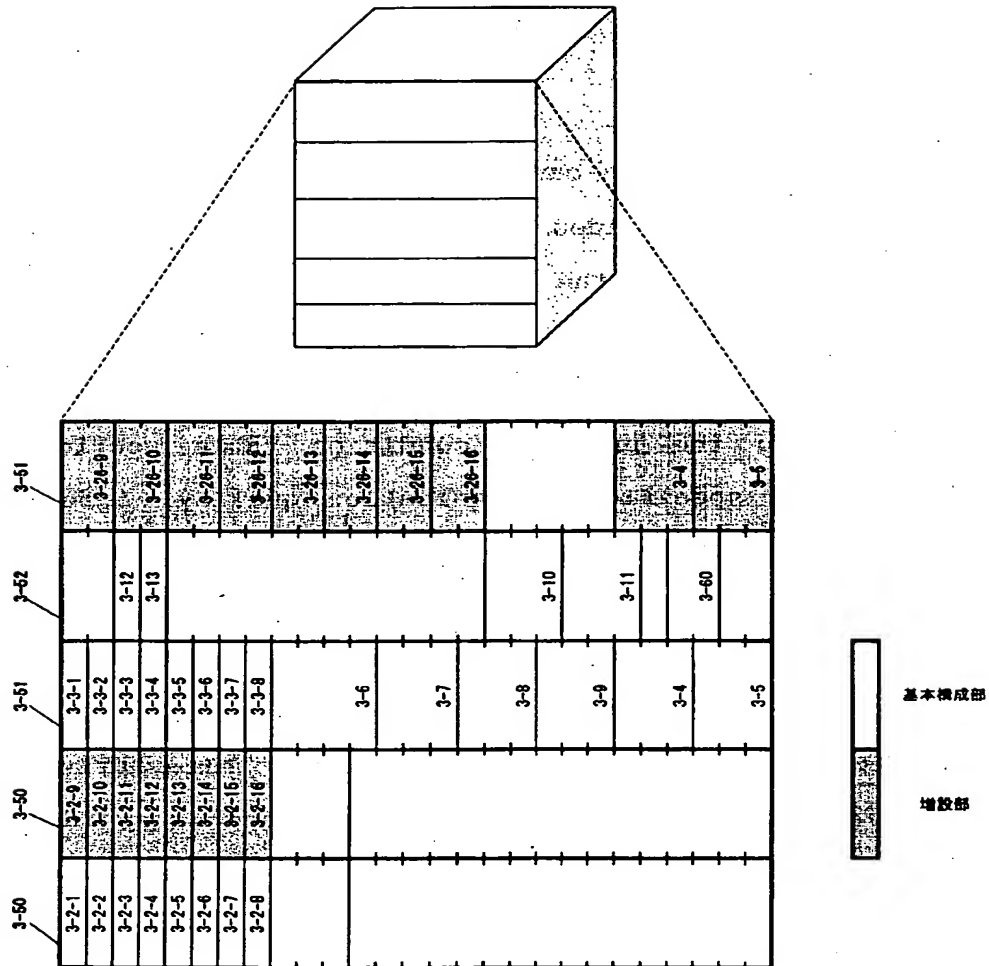
OADM 主ノード-ダイクスタイク(受信側光増幅器未使用)主信号構成例

【図 20】

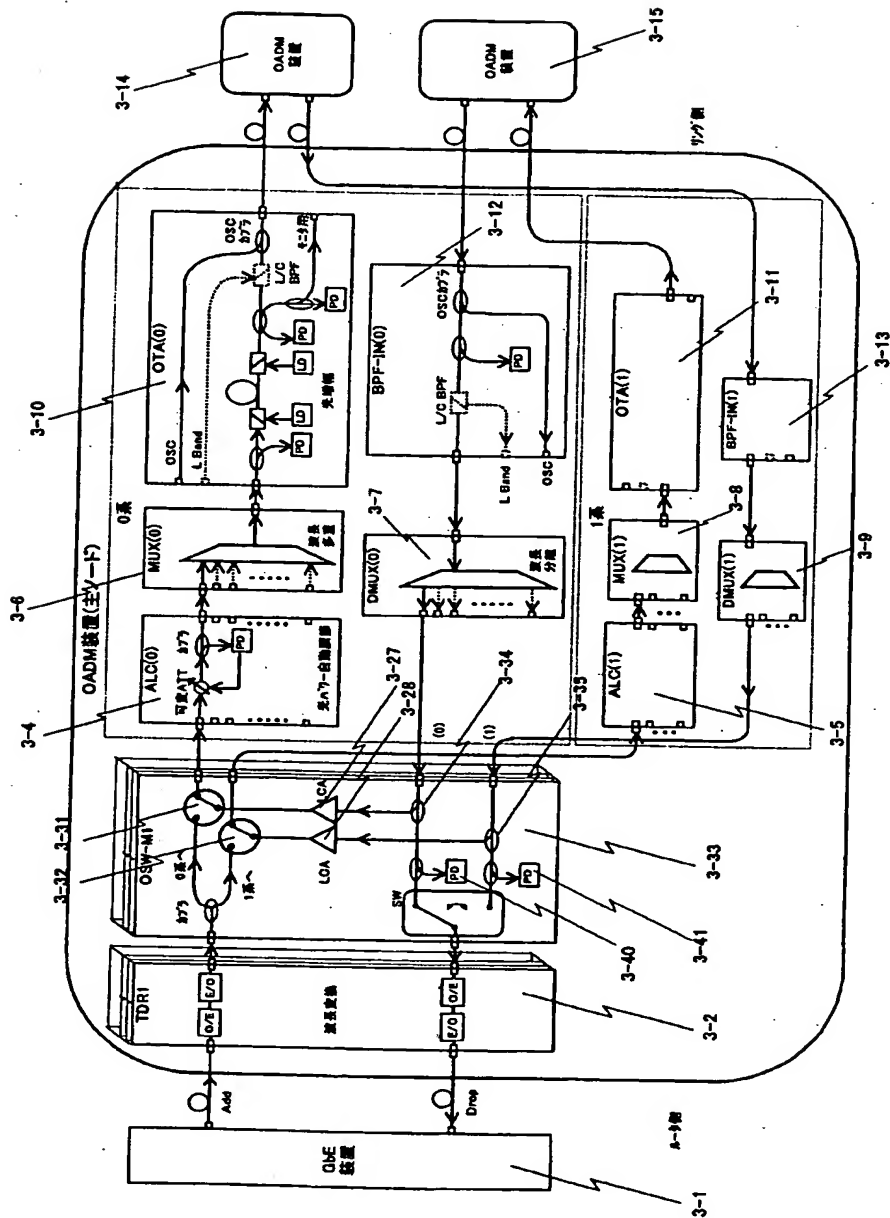


ROADM 主ノード - ダイナミックスイッチ(受信側光増幅器使用)主信号構成例

【図 21】



OADM 主ノード - マルチキャスト(受信側光増幅器未使用)主信号構成例





[illegible]

**OADM 主ノード - マルチキャスト(受信側光増幅器使用)主信号構成例**

テーマコート\* (参考)

(72)発明者 対馬 英明  
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216 株式会  
社日立製作所通信事業部内  
(72)発明者 生駒 佳明  
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216 株式会  
社日立製作所通信事業部内

Fターム(参考) 5K002 AA01 AA03 BA04 BA05 BA06  
CA13 DA02 DA11 DA12 EA07  
EA31 EA32 EA33 FA01 GA03  
5K031 AA01 AA06 CA15 CB21 CC03  
DA02 DA19 DB12 EA04  
5K033 AA01 AA04 CA17 CB01 CC01  
DA01 DB03 DB05 DB17 DB20  
DB22 EA03

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**